

**ANALISA KOORDINASI RECLOSER DAN OCR (OVER CURRENT
RELAY) UNTUK GANGGUAN HUBUNG SINGKAT PADA
PENYULANG 3 DISTRIBUSI 20 KV GI JAJAR**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada Jurusan
Teknik Elektro Fakultas Teknik**

Oleh:

ALFIAN SYAFI'I

D 400 120 026

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2016**

HALAMAN PERSETUJUAN

**ANALISA KOORDINASI RECLOSER DAN OCR (OVER CURRENT RELAY)
UNTUK GANGGUAN HUBUNG SINGKAT PADA PENYULANG 3
DISTRIBUSI 20 KV GI JAJAR**

PUBLIKASI ILMIAH

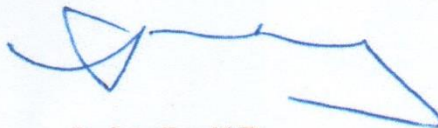
oleh:

ALFIAN SYAFI'I

D 400 120 026

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh: .

Dosen Pembimbing

A handwritten signature in blue ink, consisting of a stylized 'J' followed by a horizontal line and a final flourish.

Ir. Jatmiko, M.T.

NIK.622

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISA KOORDINASI RECLOSER DAN OCR (OVER CURRENT RELAY)
UNTUK GANGGUAN HUBUNG SINGKAT PADA PENYULANG 3
DISTRIBUSI 20 KV GI JAJAR**

OLEH

ALFIAN SYAFI'I

D 400 120 026

**Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elektro
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Sabtu, 22 Oktober 2016
dan dinyatakan telah memenuhi syarat**

Dewan Penguji:

- 1. Ir. Jatmiko, MT**
(Ketua Dewan Penguji)
- 2. Umar, ST, MT**
(Anggota I Dewan Penguji)
- 3. Agus Supardi, ST, MT**
(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)
(.....)
(.....)



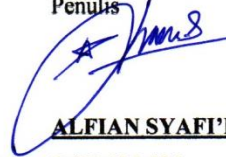
PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 22 Oktober 2016

Penulis



ALFIAN SYAFI'I

D400 120 026

ANALISA KOORDINASI RECLOSER DAN OCR (OVER CURRENT RELAY) UNTUK GANGGUAN HUBUNG SINGKAT PADA PENYULANG 3 DISTRIBUSI 20 KV GI JAJAR

Abstrak

PT PLN(Persero) Gardu Induk Jajar merupakan bagaian dari perusahaan listrik negara yang bergerak dibidang transmisi dan distribusi listrik di daerah Solo dan sekitarnya. Pendistribusian merupakan jaringan tegangan menengah yang disalurkan ke konsumen. Seiring bertambahnya waktu diimbangi dengan bertambahnya kebutuhan tenaga listrik namun perlu diimbangi dengan sistem proteksi yang baik karena permasalahan pada gangguan distribusi juga meningkat. Gangguan hubung singkat sering terjadi pada saluran distribusi maka diperlukan suatu sistem proteksi untuk memperkecil dampak terjadinya gangguan. Sistem proteksi yang baik mempertimbangkan tingkat keamanan terhadap stabilitas tenaga listrik, peka terhadap gangguan, handal, cepat dan selektif sehingga sistem proteksi bisa bekerja sesuai dengan fungsinya. Peralatan proteksi yang digunakan pada jaringan menengah adalah OCR (*Over Current Relay*) dan *Recloser*, OCR (*Over Current Relay*) mempunyai peranan dalam pengamanan yaitu dengan mendeteksi adanya arus gangguan dan menginstruksikan PMT (Pemutus) untuk membuka. *Recloser* mempunyai peranan yang hampir sama dengan OCR yaitu mendeteksi arus gangguan dan menginstruksikan PMT (Pemutus) untuk membuka dan menutup kembali secara otomatis yang dapat diatur selang waktunya, jika gangguan bersifat sementara maka akan menutup, ketika terjadi gangguan permanen maka akan tetap membuka setelah berulang kali buka tutup sesuai dengan seting. Penulisan tugas akhir ini membahas analisa waktu kerja *recloser* dan OCR terhadap letak gangguan hubung singkat yang ada pada penyulang 3 distribusi 20 KV Gardu induk Jajar dan menghitung besaran waktu kerja OCR pada *outgoing* dan *incoming* serta menghitung besaran waktu kerja *recloser*. Hasil perhitungan gangguan arus hubung singkat maksimum terjadi pada penyulang 2 gangguan hubung singkat 1 fasa tanah pada kilometer 0 sebesar $12111\angle -90^\circ$ Ampere, sedangkan arus gangguan hubung singkat yang mempunyai nilai minimum terletak pada hubung singkat 1 fasa tanah kilometer 13 sebesar $1044\angle -75.7^\circ$ Ampere. Pengaturan pada OCR *incoming* $tms = 0.372$ detik, $t = 0.89$ detik sedangkan OCR *outgoing* $tms = 0.38$ detik, $t = 0.7$ detik selanjutnya *recloser* $tms = 0.113$ detik, $t = 0.288$ detik. Dari hasil pengamatan data yang diperoleh menunjukkan bahwa dalam pengaturan waktu *relay* arus hubung singkat, seting waktu pada *relay* semakin jauh letak *relay* maka seting waktu semakin kecil.

Kata kunci : Recloser, OCR, Sistem proteksi, Hubung singkat

Abstract

PT PLN (Persero) Gardu Induk Jajar is part of the state power company engaged in the transmission and distribution of electricity in Solo and the surrounding area. A medium voltage distribution network that is distributed to consumers. With increasing time offset by increased demand for electricity but need to be balanced with the protection system either because of problems in the distribution of interference also increases. Short circuit often occurs in the distribution channel, we need a protection system to minimize the impact of disruptions. Protection system either consider the level of security to the stability of the electric power, sensitive to disturbance, reliable, fast and selective so that the protection system can work in accordance with its function. Recloser have a role similar to that detected the fault current OCR and instruct PMT (breaker) to open and close again automatically to set the time interval, if the disruption is temporary it will be shut, when the permanent interference occurs it will remain open after repeatedly open and closed according to the settings. This thesis discusses the analysis of working time Recloser and OCR to the location of the short circuit existing in 3rd of distribution feeders of 20 KV electrical Gardu Induk Jajar and calculating the amount of working time OCR on outgoing and incoming as well as calculating the amount of working time Recloser. The result of the calculation of the maximum short circuit current interruption occurs in feeder 2 short circuit in the ground phase 1 kilometer 0 of $12111 \angle -90^\circ$ Ampere, while the short circuit fault current which has a minimum value lies in the first phase ground short circuit kilometer 13 of $1044 \angle -75.7^\circ$ Ampere. OCR settings on incoming tms = 0.372 sec, t = 0.89 seconds while the outgoing OCR tms = 0:38 seconds, t = 0.7 seconds later Recloser tms = 0.113 sec, t = 0288 seconds. From the observation data obtained show that the timing relay short circuit, setting the time on the further relay the location of the relay, the setting time is getting smaller.

Keywords: Recloser, OCR, system protection, short-circuit

1. PENDAHULUAN

Listrik merupakan kebutuhan pokok sebagian besar orang di Indonesia, dalam hal ini PT PLN(persero) badan usaha negara untuk melayani kebutuhan listrik di negara ini. PLN mempunyai tiga tahapan siklus untuk memenuhi kebutuhan listrik yaitu sistem pembangkitan, sistem transmisi dan sistem distribusi. Pelayanan prima kepada konsumen merupakan peran yang sangat penting pada sistem distribusi. Sistem distribusi di lapangan banyak terjadi berbagai macam gangguan, seperti hubung singkat yang mengakibatkan pemadaman aliran listrik dan dapat merusak peralatan di jaringan.

Pada jaringan distribusi diperoleh data bahwa 70% sampai 80% gangguan bersifat permanen yaitu gangguan yang dapat dihilangkan atau diperbaiki setelah bagian yang terganggu tersebut diisolir dengan bekerjanya pemutus daya, (Hutauruk, 1985). Hubung singkat terbagi menjadi dua yaitu hubung singkat *asimetris* dan hubung singkat *simetris*. Gangguan hubung singkat simetris meliputi : gangguan hubung singkat tiga fasa ke tanah (L-L-L) *Line-Line-Line* dan hubung singkat tiga fasa (L-L-L) *Line-Line-Line*. Gangguan hubung singkat *asimetris* (tidak simetri) diantaranya gangguan hubung singkat dari antar fasa (L-L)*Line-Line*, dua fasa ke tanah (L-L-G) *Line-Line-Ground* dan satu fasa ke tanah (L-G) *Line-Ground*. Gangguan fasa tunggal ke tanah adalah gangguan yang paling sering terjadi pada jaringan distribusi tenaga listrik. Adapun sistem pentanahan tidak efektif, arus gangguan yang rendah sangat umum dalam kasus terjadinya gangguan fasa tunggal ke tanah, yang mengarah penyebab rusaknya penyulang, (Xiangning, 2011).

Mengurangi dan mengamankan peralatan akibat dari hubung singkat maka dibutuhkan suatu sistem koordinasi. Tujuan dari proses koordinasi adalah untuk menemukan waktu fungsi elemen yang memungkinkan untuk beroperasi menggunakan konstan *back-up* waktu tunda, untuk arus gangguan, (Martinez, 2005). Koordinasi dalam sistem proteksi diperlukan beberapa *relay* diantaranya *recloser* dan OCR (*Over Current Relay*). *Recloser* yang digunakan dalam sistem distribusi adalah sistem *relay* yang bekerja secara berurutan untuk melindungi sistem tenaga dari kesalahan sementara dan terus menerus. Operasi menutup balik dari *recloser* dapat meningkatkan keandalan dan stabilitas dari catu daya, (Jung, 2011). Prinsip kerja *recloser* yaitu mendeteksi adanya gangguan arus dan memerintahkan PMT (pemutus) untuk membuka dan menutup kembali secara otomatis yang dapat diatur selang waktunya, jika gangguan bersifat sementara maka akan menutup, ketika terjadi gangguan permanen maka akan tetap membuka setelah berulang kali buka tutup sesuai dengan seting. OCR sistem kerjanya hampir sama dengan *recloser* yaitu mendeteksi arus berlebih dan memerintahkan PMT (pemutus) untuk memutus, perbedaan terletak pada pembalik otomatis yang tidak dimiliki oleh OCR. Penempatan OCR pada penyulang 3 Gardu Induk Jajar terletak disisi *outgoing* dan sisi *incoming* trafo, sedangkan *recloser* diletakkan kilometer 8.

Arus gangguan dihitung sebagai bagian dari analisa koordinasi. Dimulai pada titik peralatan layanan dan menghitung diperlukan nilai-nilai hubungan singkat di semua lokasi

yang sesuai. Menghitung nilai minimum dan maksimum arus hubung singkat yang tersedia saat ini dengan memanfaatkan data, (Ruschel, 1998). Perhitungan koordinasi *recloser* dan OCR untuk menentukan nilai waktu kerja dan besaran di tiap titik. Jaringan distribusi 20 KV penyulang 3 pada Gardu Induk Jajar merupakan jaringan udara untuk memenuhi beban rumah tangga, industri dan bandara Adi Sumarmo Boyolali. Semakin bertambahnya penduduk serta berkembangnya industri dapat mengakibatkan bertambahnya gangguan, dalam mengatasi gangguan sistem proteksi dituntut untuk bekerja lebih handal. Upaya mengatasi gangguan dengan mengoptimalkan kinerja dari relay untuk mendapatkan kinerja yang maksimal.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Rancangan Penelitian

Penelitian ini dengan judul “Analisa Koordinasi *Recloser* dan OCR (*Over Current Relay*) Untuk Gangguan Hubung Singkat Pada Penyulang 3 Distribusi 20 kV Jajar”. Penelitian ini di lakukan di PT PLN(Persero) Gardu Induk Jajar dan direncanakan penelitian ini dapat diselesaikan dalam waktu 3 bulan. Dengan tahapan dari proses studi literatur, pengumpulan data, analisis data, kesimpulan.

1. Studi literatur

Studi literatur merupakan kajian penulis atas referensi-referensi yang ada baik berupa buku, karya ilmiah, dan internet yang berhubungan dengan penulisan laporan ini, yang nantinya dapat digunakan dalam pedoman pembuatan laporan penelitian .

2. Pengumpulan data

Pengumpulan data dilakukan dengan mencari informasi data dari gardu induk Jajar maupun di APJ Purwosari.

3. Analisis data

Analisis data yaitu proses untuk memahami data yang di peroleh dari proses pengambilan data, di mana dalam proses ini untuk menentukan nilai seting OCR dan recloser yang sesuai dengan kriteria sistem proteksi yaitu selektif.

4. Kesimpulan

Kesimpulan merupakan hasil akhir dari analisis yang berupa data-data.

2.2 Peralatan Utama dan Pendukung

Peralatan yang digunakan untuk penelitian dan pengerjaan laporan tugas akhir antara lain :

1. Komputer.

2. Flasdisk yang digunakan untuk menyimpan data saat pengumpulan data laporan.

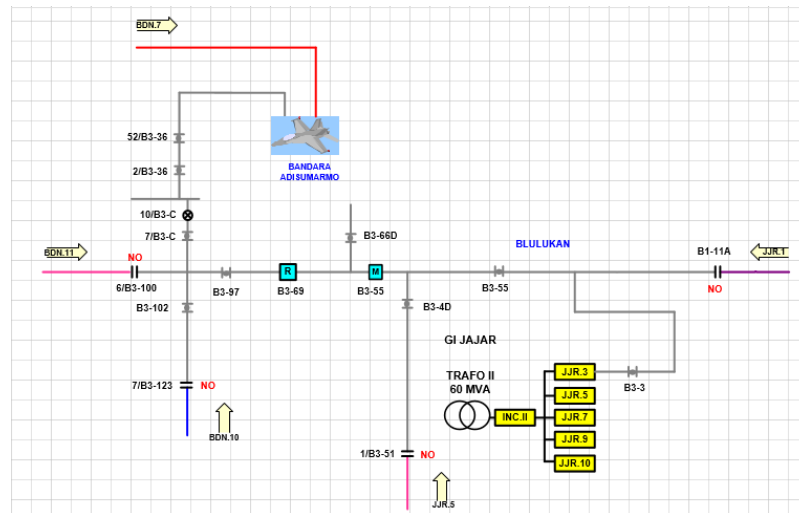
3. Kalkulator.

2.3 Gambaran Kerja Sistem

Penelitian ini mengambil data dari PT PLN(Persero) Distribusi APJ Purwosari berupa *single line* diagram, data *relay* proteksi dan jarak saluran.

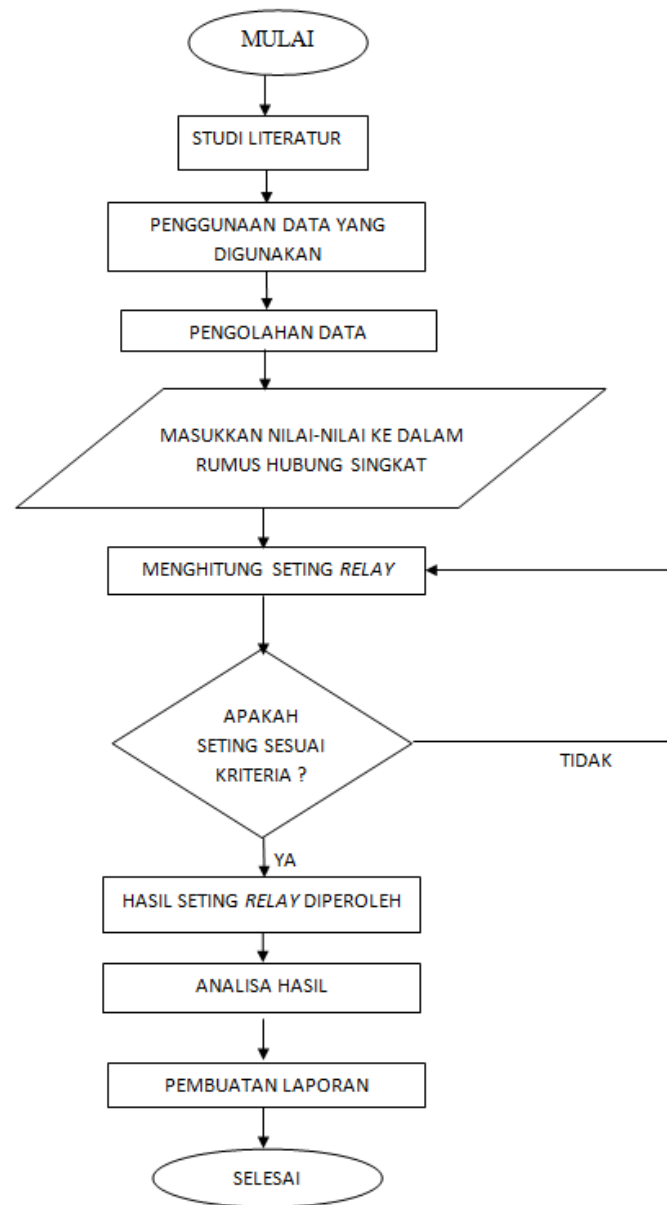
Gambar 1 menunjukkan *single line* diagram penyulang 3 jajar yang mempunyai hilir di bandara Adi Sumarmo Boyolali yang berjarak 13 kilometer dari trafo 2 Gardu Induk Jajar. Keamanan proteksi yang ada pada penyulang 3 dimulai dari hulu terdapat OCR (*Over Current Relay*) di *incoming* maupun dipasang pada sisi *outgoing* serta dipasang *recloser* pada kilometer 8.

Persiapan dalam kerja sistem yaitu pencarian data meliputi data trafo, data penghantar dan data *relay* selanjutnya setelah data sudah cukup maka pengolahan data dapat dimulai. Hasil dari perhitungan digunakan untuk acuan dalam menentukan seting *relay*. Pemasangan *recloser* pada kilometer 8 bertujuan untuk mengurangi gangguan yang bersifat sementara maupun permanen, agar membatasi luasan wilayah pemadaman tanpa memadamkan daerah tidak memiliki gangguan.



Gambar 1. *Single line* penyulang jajar 3

2.4 Flowchart Penelitian



Gambar 2. Flowchart penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel. 1 Data trafo 2 pada gardu induk jajar.

Kapasitas Daya	60 MVA
Tegangan pada sisi primer dan sekunder	150/20 kV
Impedansi	12.9 %
MVA <i>hubung singkat</i>	4407.53 VA

3.1. Perhitungan arus hubung singkat

Mencari V per unit (PU)

$$\begin{aligned}
 V_{(PU)} &= \frac{kV \text{ sebenarnya}}{kV \text{ dasar}} \\
 &= \frac{20 \text{ kV}}{20 \text{ kV}} \\
 &= 1 \text{ pu}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z_{\text{dasar}} &= \frac{kV^2}{MVA} \\
 &= \frac{(20)^2}{60} \\
 &= 6,67 \Omega
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_{\text{dasar}} &= \frac{kV \text{ A}}{\sqrt{3} \cdot kV} \\
 &= \frac{60.000}{\sqrt{3} \cdot 20} \\
 &= 1732.05 \text{ Ampere}
 \end{aligned}$$

Menentukan Impedansi Sumber Pada sisi 20 kV

$$\begin{aligned}
 Z_{\text{sumber}} &= j \frac{kV^2}{MVA \text{ .hs}} \\
 &= \frac{20^2}{4407.53} \\
 &= j 0.091 \Omega
 \end{aligned}$$

Z_{sumber} per unit (PU)

$$\begin{aligned}
 Z_{pu} &= j \frac{Z_{\text{sumber}}}{Z_{\text{dasar}}} \\
 &= j \frac{0.091}{6.67} \\
 &= j 0.014 \text{ pu}
 \end{aligned}$$

Menghitung impedansi trafo

$$Z_{\text{baru}} = Z_{\text{lama}} \times \left(\frac{kV \text{ lama}}{kV \text{ baru}} \right)^2 \times \left(\frac{MVA \text{ lama}}{MVA \text{ baru}} \right)$$

$$\begin{aligned}
&= 0.129 \times \left(\frac{20}{20}\right)^2 \times \left(\frac{60}{60}\right) \\
&= j 0.129 \text{ pu}
\end{aligned}$$

Menentukan impedansi saluran urutan positif, negatif dan nol

$$Z_{\text{saluran positif}} = Z_{\text{saluran negatif}}$$

Impedansi saluran pada jarak 1 km

$$\begin{aligned}
&= 1 \times (0.1344 + j 0.3158) \\
&= 0.1344 + j 0.3158
\end{aligned}$$

$Z_{\text{saluran positif, negatif dalam pu}}$

$$\begin{aligned}
&= \frac{0.1344 + j 0.3158}{6.67} \\
&= 0.02 + j 0.047 \text{ pu}
\end{aligned}$$

$Z_{\text{saluran nol}}$

Impedansi saluran pada jarak 1 km

$$\begin{aligned}
&= 1 \times (0.3631 + j 1.618) \\
&= 0.3631 + j 1.618
\end{aligned}$$

$Z_{\text{saluran nol dalam pu}}$

$$\begin{aligned}
&= \frac{0.3631 + j 1.618}{6.67} \\
&= 0.054 + j 0.24 \text{ pu}
\end{aligned}$$

Menentukan Z_{total} urutan positif, negatif dan nol

$$\begin{aligned}
Z_1 = Z_2 &= Z_{\text{sumber}} + Z_{\text{trafo}} + Z_{\text{saluran}} \\
&= j 0.014 + j 0.129 + (0.02 + j 0.047) \\
&= 0.02 + j 0.19 \text{ pu}
\end{aligned}$$

$$Z_0 = Z_{\text{sumber}} + Z_{\text{trafo}} + Z_{\text{saluran}}$$

$$\begin{aligned}
&= j 0.014 + j 0.129 + (0.054 + j 0.24) \\
&= 0.054 + j 0.383 \text{ pu}
\end{aligned}$$

Menghitung arus hubung singkat 3 fasa pada jarak 1 km

$$\begin{aligned}
I_{3\text{fasa}} &= \frac{V}{Z_1} \\
&= \frac{1 + jo}{(0.02 + j 0.19)}
\end{aligned}$$

$$= \frac{1 \angle 0}{0.191 \angle 83.9}$$

$$= 5.263 \angle -83.9^\circ \text{ Ampere}$$

Jadi Arus hubung singkat yang terjadi pada jarak 1 km

Yaitu sebesar $= 5.23 \angle -83.9^\circ \times 1732 = 9116 \angle -83.9^\circ \text{ Ampere}$

Menghitung arus hubung singkat 2 fasa pada jarak 1 km

$$I_{2 \text{ fasa}} = \frac{V_{ph}}{Z_1 + Z_2}$$

$$= \frac{\sqrt{3} \cdot (1+j0)}{2 \cdot (0.02+j 0.19)}$$

$$= \frac{1.73+j0}{0.382 \angle 1.465}$$

$$= 4.528 \angle -83.9^\circ \text{ Ampere}$$

Jadi Arus hubung singkat yang terjadi pada jarak 1 km

$$\text{Yaitu sebesar} = (4.528 \angle -83.9^\circ) \times 1732$$

$$= 7842 \angle -83.9^\circ \text{ Ampere}$$

Hitung hubung singkat 1 fasa tanah pada jarak 1 km

$$I_{\text{fasa tanah}} = \frac{3 \cdot V}{Z_1 + Z_2 + Z_0}$$

$$= \frac{3 \cdot (1+j0)}{2(0.02+j 0.19) + 0.054+j 0.383}$$

$$= \frac{3 \cdot (1+j0)}{0.04+j 0.38 + 0.054+j 0.383}$$

$$= \frac{3 \angle 0}{0.094+j 0.766}$$

$$= \frac{3 \angle 0}{0.77 \angle 83.9^\circ}$$

$$= 3.896 \angle -83^\circ \text{ Ampere}$$

Jadi arus hubung singkat 1 fasa tanah terjadi pada jarak 1 km adalah

$$= (3.896 \angle -83^\circ) \times 1732$$

$$= 6748 \angle -83^\circ \text{ Ampere}$$

Tabel. 2 Hasil perhitungan arus hubung singkat tiap jarak 1 KM

Arus Hubung Singkat (Ampere)			
Jarak gangguan	3 Fasa	2 Fasa	1 Fasa tanah
0 km	12106 $\angle -90^\circ$	10476 $\angle -90^\circ$	12111 $\angle -90^\circ$
1 km	9116 $\angle -83.9^\circ$	7842 $\angle -83.9^\circ$	6748 $\angle -83^\circ$
2 km	7205 $\angle -80.3^\circ$	6218 $\angle -80^\circ$	4642 $\angle -80.2^\circ$
3 km	5958 $\angle -78^\circ$	5161 $\angle -78^\circ$	3551 $\angle -78.8^\circ$
4 km	5075 $\angle -76.4^\circ$	4399 $\angle -76.4^\circ$	2858 $\angle -78^\circ$
5 km	4441 $\angle -75.2^\circ$	3845 $\angle -74.9^\circ$	2404 $\angle -77.4^\circ$
6 km	3935 $\angle -74.3^\circ$	3377 $\angle -74.2^\circ$	3325 $\angle -77^\circ$
7 km	3533 $\angle -73.4^\circ$	3029 $\angle -73.4^\circ$	1812 $\angle -76.6^\circ$
8 km	3170 $\angle -72.8^\circ$	2749 $\angle -72.8^\circ$	1614 $\angle -76.4^\circ$
9 km	2927 $\angle -72.3^\circ$	2494 $\angle -72.4^\circ$	1455 $\angle -76.2^\circ$
10 km	2676 $\angle -71.9^\circ$	2312 $\angle -71.9^\circ$	1325 $\angle -76^\circ$
11 km	2487 $\angle -71.4^\circ$	2141 $\angle -71.5^\circ$	1218 $\angle -75.9^\circ$
12 km	2304 $\angle -71.2^\circ$	1992 $\angle -71.2^\circ$	1126 $\angle -75.8^\circ$
13 km	2158 $\angle -70.9^\circ$	1871 $\angle -70.9^\circ$	1044 $\angle -75.7^\circ$

Berdasarkan perhitungan manual analisis yang dibuat dengan menghitung gangguan pada tiap lokasi saluran dengan jarak yang berbeda-beda. Untuk mengetahui pengaruh panjang lokasi saluran terhadap besar kecilnya arus hubung singkat yang terjadi pada saluran 3 fasa, 2 fasa, dan 1 fasa ke tanah. Hasil dari tabel 2 menunjukkan bahwa arus hubung singkat terbesar adalah arus gangguan 1 fasa tanah 12111 $\angle -90^\circ$ Ampere yaitu arus gangguan yang terletak pada hulu yang merupakan arus gangguan hubung singkat maksimum. Sedangkan arus gangguan hubung singkat terkecil yaitu arus gangguan 1 fasa tanah sebesar 1044 $\angle -75.7^\circ$ Ampere. Perbedaan hasil terjadi pada semua saluran yang berada pada setelah 0 kilometer karena dipengaruhi oleh gangguan satu fasa ke tanah belum terdapat impedansi penghantar. Panjang penghantar sangat berpengaruh terhadap besaran impedansi saluran, semakin panjang saluran maka semakin besar pula impedansi dan berbanding terbalik dengan nilai arus gangguan hubung singkatnya. Hasil perhitungan arus hubung singkat setelah kilometer 1 mempunyai nilai gangguan yang berangsur-angsur turun, urutan nilai arus gangguan terbesar ke terkecil mulai dari gangguan 3 fasa, 2 fasa dan 1 fasa. Perbedaan nilai arus gangguan yang berangsur-angsur turun dipengaruhi oleh adanya impedansi panjang saluran, maka nilai impedansi berpengaruh terhadap hasil besaran nilai arus gangguan pada saluran.

3.2 Menghitung nilai seting OCR (*Over Current Relay*) dan *Recloser*

Recloser terletak pada kilometer 8 sehingga untuk menentukan seting *recloser*nya digunakan arus gangguan tertinggi pada kilometer 8 yaitu arus hubung singkat 3 fasa sebesar 3170 Ampere pada tabel 2.

I beban 200 ampere

CT = 300 : 1

$$\begin{aligned} I_{set \text{ primer}} &= 1,2 \times I \text{ beban} \\ &= 1,2 \times 200 \text{ A} \\ &= 240 \text{ Ampere} \end{aligned}$$

Untuk menghitung nilai seting tms pada *recloser* nilai waktunya (t) ditentukan sebesar 0.3 detik agar saat terjadi gangguan *recloser* akan segera trip.

$$tms = \frac{\left(\frac{I_{fault}}{I_{Set \text{ primer}}} \right)^{0.02} - 1 \times t}{0.14}$$

$$tms = \frac{\left(\frac{(3170)}{240} \right)^{0.02} - 1 \times 0.3}{0.14}$$

$$tms = \frac{0.052 \times 0.3}{0.14}$$

$$tms = 0.113 \text{ detik}$$

3.3 Pemeriksaan waktu kerja *recloser*

Nilai arus gangguan hubung singkat yang didapat dari hasil perhitungan arus gangguan hubung singkat adalah dalam nilai arus primer, maka dalam pemeriksaan selektifitas nilai arus primernya juga diambil untuk lokasi gangguan di jarak 8 KM.

$$t = \frac{0.14 \text{ tms}}{\left(\frac{I_{fault}}{I_{Set \text{ primer}}} \right)^{0.02} - 1}$$

$$t = \frac{0.14 \cdot 0.113}{\left(\frac{(3170)}{240} \right)^{0.02} - 1}$$

$$= 0.288 \text{ detik}$$

Menentukan waktu kerja OCR (*Over Current Relay*) *outgoing*

Menentukan nilai setting OCR pada sisi *outgoing* diambil arus gangguan yang dekat dengan OCR yaitu sebesar 12106 Ampere

$$I_{beban} = 250$$

$$CT = 400 : 1$$

$$\begin{aligned}
 I_{set\ primer} &= 1.2 \times I_{beban} \\
 &= 1.2 \times 250 \\
 &= 300
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_{set\ sekunder} &= 300 \times \frac{1}{400} \\
 &= 0.75 \text{ Ampere}
 \end{aligned}$$

Untuk menghitung nilai setting tms pada OCR (*Over Current Relay*) disisi *outgoing* nilai waktunya (t) ditentukan sebesar $0.3 + 0.4 = 0.7$ agar *recloser* bekerja lebih dulu saat terjadi gangguan disisi hilir dengan demikian OCR masih dapat menyuplai daya ke jaringan yang masuk di zona proteksi

$$tms = \frac{\left(\frac{I_{fault}}{I_{Set\ primer}}\right)^{0.02} - 1 \times t}{0.14}$$

$$tms = \frac{\left(\frac{12106}{300}\right)^{0.02} - 1 \times 0.7}{0.14}$$

$$tms = \frac{0.076 \times 0.7}{0.14}$$

$$tms = 0.38 \text{ detik}$$

Pemeriksaan waktu kerja OCR pada sisi *outgoing*

$$t = \frac{0.14 \cdot tms}{\left(\frac{I_{fault}}{I_{Set\ primer}}\right)^{0.02} - 1}$$

$$t = \frac{0.14 \cdot 0.38}{\left(\frac{12106}{300}\right)^{0.02} - 1}$$

$$t = 0.7 \text{ detik}$$

Menentukan waktu kerja OCR *incoming*

Dalam menentukan nilai setting OCR pada sisi *incoming* diambil arus gangguan yang dekat dengan OCR yaitu sebesar 12106 Ampere

$$\begin{aligned}
 I_{beban} &= 600 \\
 CT &= 2000 : 1 \\
 I_{set\ primer} &= 1.2 \times I_{beban} \\
 &= 1.2 \times 600 \\
 &= 720
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
I_{set \text{ sekunder}} &= 720 \times \frac{1}{2000} \\
&= 0.36 \text{ Ampere}
\end{aligned}$$

Untuk menghitung nilai TMS pada OCR (*Over Current Relay*) di sisi *incoming* nilai waktunya (t) adalah sebesar $0.7 + 0.2 = 0.9$ agar ada tunda waktu saat OCR sisi *outgoing* gagal beroperasi maka OCR sisi *outgoing* akan trip.

$$tms = \frac{\left(\frac{I_{fault}}{I_{set \text{ primer}}}\right)^{0.02} - 1 \times t}{0.14}$$

$$tms = \frac{\left(\frac{12106}{720}\right)^{0.02} - 1 \times 0.9}{0.14}$$

$$tms = \frac{0.052}{0.14}$$

$$tms = 0.372 \text{ detik}$$

Menentukan waktu kerja OCR *incoming*

$$t = \frac{0.14 \times tms}{\left(\frac{I_{fault}}{I_{Set}}\right)^{0.02} - 1}$$

$$t = \frac{0.14 \times 0.372}{\left(\frac{12106}{720}\right)^{0.02} - 1}$$

$$t = 0.89 \text{ detik}$$

Tabel. 3 Hasil perhitungan waktu kerja OCR (*Over Current Relay*) dan Recloser pada hulu dan hilir

SETTING	OCR INCOMING		OCR OUTGOING		RECLOSER	
	KM 0 (hulu)	KM 7(hilir)	KM 0(hulu)	KM 7(hilir)	KM 8 (hulu)	KM 13(hilir)
I Set primer (Ampere)	720	720	300	300	240	240
I Set sekunder (Ampere)	0.36	0.36	0.75	0.75	0.8	0.8
tms(detik)	0.372	0.372	0.38	0.38	0.113	0.113
t (detik)	0.89	1.62	0.7	1.05	0.288	0.33

Dari hasil perhitungan waktu kerja pada tabel 3 diatas bahwasanya waktu (t) kerja *recloser* dalam pengaturannya paling kecil dibandingkan dengan waktu kerja OCR (*Over Current Relay*) *Incoming* maupun *outgoing*, karena mempertimbangkan zona proteksi *recloser* yang berada di hilir saluran. Zona proteksi *Recloser* meliputi dari kilometer 8 sampai dengan kilometer 13 sedangkan OCR *outgoing* dan *incoming* berada di wilayah proteksi kilometer 0 sampai dengan kilometer 7. Kinerja *recloser* membantu dalam

membatasi luasan wilayah terjadinya gangguan di wilayahnya agar wilayah yang tidak terjadi gangguan tetap dengan kondisi normal. Analisa dari hasil perhitungan waktu kerja OCR dan *recloser* dengan perbandingan letak titik gangguan yaitu pada hulu dan hilir dari pemasangan kedua *relay*. Hasil nilai waktu kerja yang berbeda dipengaruhi oleh adanya impedansi saluran, semakin jauh dari titik hulu maka nilai waktu kerja *relay* akan semakin lama, maka sesuai dengan karakteristik *inverse* yaitu semakin besar arus maka semakin cepat waktu kerja dari kedua *relay* tersebut. Perbandingan nilai waktu kerja (t) terhadap letak hubung singkat di ujung zona proteksi *recloser* maupun OCR diketahui bahwa waktu kerja di hilir saluran membutuhkan waktu yang lebih lama dibandingkan dengan di hulu, karena adanya faktor impedansi saluran.

4. PENUTUP

Berdasarkan analisa koordinasi *recloser* dan OCR (*Over Current Relay*) untuk gangguan hubung singkat pada penyulang 3 distribusi 20 kv Gardu Induk Jajar maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Arus gangguan hubung singkat terbesar terjadi pada penyulang 3 gangguan 1 fasa tanah pada kilometer 0 sebesar $12111 \angle -90^\circ$ Ampere, sedangkan arus gangguan hubung singkat yang mempunyai nilai minimum terletak pada gangguan 1 fasa tanah kilometer 13 sebesar $1044 \angle -75.7^\circ$ Ampere
2. Semakin besar nilai impedansinya maka semakin kecil nilai arus gangguannya dan jika impedansinya semakin kecil maka nilai arus gangguannya semakin besar.
3. Seting OCR dan recloser berdasarkan perhitungan yang didapat pada OCR *incoming* tms = 0.372 detik, t = 0.89 detik sedangkan OCR *outgoing* tms = 0.38 detik, t = 0.7 detik selanjutnya *recloser* tms = 0.113 detik, t = 0.288 detik.
4. Waktu kerja *recloser* harus lebih cepat dibandingkan OCR pada *outgoing* maupun *incoming* hal ini sebagai cadangan proteksi saat terjadinya gangguan di hilir agar melokalisir pemadaman di zona proteksi *recloser* tersebut dalam artian pemadaman hanya di zona gangguan.
5. Waktu kerja (t) pada OCR maupun *recloser* ketika terjadi gangguan hubung singkat di titik paling hilir membutuhkan waktu yang lebih dibandingkan dengan waktu kerja yang berada di hulu karena adanya faktor impedansi saluran.

PERSANTUNAN

Penulis mengucapkan puji syukur kehadiran ALLAH SWT yang telah melimpahkan rahmat hidayah serta inayah-Nya dan solawat serta salam tercurah limpahkan kepada beliau nabi MUHAMMAD SAW sehingga laporan penelitian ini dapat terselesaikan

dengan baik. Penulis juga mengucapkan banyak terimakasih kepada pihak-pihak yang senantiasa membantu dalam penyelesaian laporan tugas akhir ini yaitu sebagai berikut :

1. Kedua orang tua ibu dan bapak yang selalu memberikan dukungan do'a, nasehat, semangat, serta motivasi sehingga penulis bisa sampai seperti ini.
2. Bapak Ir. Jatmiko selaku dosen pembimbing tugas akhir jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta..
3. Bapak Umar S.T.,M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta.
4. Bapak Suhadi selaku supervisor PT PLN(Persero) Gardu Induk Jajar Surakarta yang telah membantu memberikan informasi data yang diperlukan dalam pembuatan laporan tugas akhir ini.
5. PT PLN(Persero) Distribusi APJ Purwosari yang memberikan informasi data kepada penulis tentang judul laporan tugas akhir yang diambil penulis.
6. Teman-teman Teknik Elektro UMS angkatan 2012 yaitu Andre Farmada, Yudha Palagan, Azanto, Ade, Ajik, Chandra, Dedy Eka, Dedi Aceh, Denta, Gigih serta semua teman-teman angkatan 2012 yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah memberikan semangat dan dukungan dalam pengerjaan laporan tugas akhir ini.
7. Teman-teman yang membantu dalam pembuatan laporan tugas akhir ini yaitu Yudha Palagan, Andre Farmada, Azanto, Dedi eka, Gigih,

DAFTAR PUSTAKA

- B.I. Jung etc All. (2011).” *Reclosing operation characteristics of the flux-coupling type SFCL in a single-line-to ground fault*”.Korea. Physica C.
- Cekdin, C., dan T. Barlian. 2013.”*Transmisi Daya Listrik*”. Yogyakarta. Andi
- Martinez , E.V., dan A.C. Enriquez. 2005.” *Enhanced time overcurrent coordination*”. Mexico. Electric Power Systems Research 457–465 IEEE.
- Hutauruk,T.S. 1985. *Transmisi Daya Listrik*. Jakarta. Erlangga.
- Pandjaitan, B. 2012.”*Praktik-praktik Proteksi Sistem Tenaga Listrik*”. Yogyakarta. Andi
- Ruschel,W.J., dan A. A. Wayne. 1989.”*Coordination of Relays, Reclosers, and Sectionalizing Fuses for Overhead Lines in the Oil Patch*”. *IEEE Transactions On Industry Applications*. Vol. 25.
- Xiangning Lin. etc All,(2007) ,” *A Selective Single Phase To Ground Fault Protection For Neutral Un Effectively Grounded Systems*”. China. Electrical Power and Energy Systems 33 (2011) 1012–1017